

## VI-121 - ESTUDO DA VALORIZAÇÃO DA AREIA DE DESMOLDAGEM DESCARTADA PELA INDÚSTRIA DE FUNDIÇÃO EM BLUMENAU/SC

**Diogo Fernando Pereira** <sup>(1)</sup>

Acadêmico de Engenharia de Produção na Universidade Regional de Blumenau (FURB).

**Joel Dias da Silva** <sup>(2)</sup>

Engenheiro Sanitarista. Doutor em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Professor do Departamento de Engenharia de Produção e Design e do Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental da FURB – Universidade Regional de Blumenau. Especialista de Ensino IV da Faculdade de Tecnologia SENAI Blumenau. Diretor de Projetos no Instituto Gigantes da Ecologia.

**Michel König** <sup>(3)</sup>

Acadêmico de Engenharia Química pela Universidade Regional de Blumenau (FURB).

**Renyer Roger Custódio** <sup>(4)</sup>

Acadêmico de Engenharia de Produção na Universidade Regional de Blumenau (FURB).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Departamento de Engenharia de Produção e Design, Universidade Regional de Blumenau (FURB), Rua São Paulo, 3250 - Itoupava Seca, Blumenau, SC - 89030-080 – Brasil - e-mail: [dias\\_joel@hotmail.com](mailto:dias_joel@hotmail.com)

### RESUMO

A indústria de fundição tem sido descrita como um dos grandes setores industriais que mais movimenta a economia nacional, porém, traz consigo, consequências ambientais como a grande geração de resíduos de fundição. Destes, a areia de moldagem corresponde ao maior volume de resíduos gerados no chão de fábrica, e, em função do processo adotado, poderá apresentar características quantitativas e qualitativas bem distintas, contendo metais pesados e/ou resinas poliméricas. Diante deste cenário, objetivou-se, estudar o processo de valorização da areia de moldagem descartada, buscando atenuar os passivos ambientais desta atividade industrial, transformando resíduos em matéria-prima. A pesquisa apresentou-se como um estudo exploratório das diferentes possibilidades de valorização da areia de moldagem descartada pela indústria de fundição na região estudada, que invariavelmente, tem a disposição final em aterro industrial como solução para os seus resíduos. Os resultados apontaram que, diversas iniciativas de valorização e reaproveitamento da areia de moldagem têm sido relatadas: seja na recuperação e regeneração da areia, seja na substituição de resina fenólica por resina furânica no sistema de moldagem e macharia, por cura a frio, com catalisador de base orgânica, seja no reaproveitamento de areia de fundição como agregado em misturas asfálticas densas, na fabricação de tijolos de solo-cimento, e por fim, em sua utilização no concreto asfáltico convencional. Verificou-se, contudo, que a inexistência de informações e diretrizes legais quanto ao aproveitamento e valorização da areia de moldagem, em aplicações fora da indústria de fundição, como já acontece em outros países, contribuem para o aumento deste passivo ambiental em aterros industriais, mesmo quando de sua destinação correta.

**PALAVRAS-CHAVE:** Indústria de Fundição, Areia de Moldagem Descartada, Valorização.

### INTRODUÇÃO

O processo de fundição consiste na fabricação de peças com grande variedade de formas e tamanho (SOARES, 2000), baseado na conformação física dos materiais (OLIVEIRA, 2013), por meio do preenchimento com metal líquido, de moldes cujas cavidades apresentarão dimensões similares às diferentes peças produzidas (CASSOTI; DEL BEL FILHO; CASTRO, 2012). No Brasil, a indústria de fundição é vasta e bastante diversificada, segundo o Diagnóstico das Indústrias da Fundição no Estado de Minas Gerais (SIFUMG, 2003).

De acordo com o Anuário da Associação Brasileira de Fundição – ABIFA, para o ano de 2015 e tomando-se como base, o ano de 2013, no cenário mundial, o Brasil é apresentado como o 7º produtor de fundidos, superando países como Coreia, Itália e França, por exemplo. As condições naturais do Brasil mostram todo um potencial para se tornar um dos maiores produtores mundiais. Ainda, de acordo com a ABIFA (2017), dados mais atualizados do setor produtivo, destacam que o desempenho do Setor de Fundição Brasileiro, em março

de 2017, foi de 157,417t de ferro total produzido, enquanto que, para o aço total foi de 16,321, isso sem contar com os não ferrosos, cobre, zinco, alumínio e magnésio, que elevam a produção para 198,615t para aquele mês.

Contrapondo aos números bastante promissores, e mesmo com as chamadas tecnologias mais limpas e melhoria contínua dos processos industriais, Mello e Pinheiro (2004), relembram que, a indústria de fundição, gera vários tipos de resíduos, dentre estes, escórias, poeiras diversas e areia de moldagem, cujo descarte inadequado poderão impactar negativamente o meio ambiente (LUZ; MOCELIM; DELFINO, 2015). A areia de moldagem corresponde ao maior volume de resíduos gerados no chão de fábrica, contudo, em função do processo adotado, poderá apresentar características quantitativas e qualitativas bem distintas, numa comparação entre diferentes indústrias do mesmo ramo, contendo talvez, metais pesados e/ou resinas poliméricas (PENKAITIS, 2012).

Infelizmente, no Brasil, já se estimava na última década, que fossem descartadas pelas fundições, cerca de 2 milhões de toneladas/ano de areia contaminada com resinas fenólicas, correspondendo a mais de três quartos do total de resíduos gerados pela Indústria de Fundição (SCHEUNEMANN, 2005). O autor destaca ainda que, mesmo com muitas empresas contando com processos de regeneração mecânica de tais areias, o reaproveitamento destas não ultrapassava os 70%, e dependendo do processo a que as mesmas fossem submetidas, a recuperação não chegaria a 40%.

Diante deste cenário, tanto a recuperação (através da regeneração) e valorização da areia de moldagem tornam-se um grande desafio à indústria de fundição, uma vez que, são previstos na Política Nacional de Resíduos Sólidos, a Lei nº 12.305 (BRASIL, 2010), a prevenção e a redução na geração de resíduos, tendo como proposta a prática de hábitos de consumo sustentável e um conjunto de instrumentos para propiciar o aumento da reciclagem e da reutilização dos resíduos sólidos, bem como a destinação ambientalmente adequada dos rejeitos, o que se aplica diretamente ao manejo da areia de moldagem. É importante lembrar que, no manejo destes resíduos, e antes de se efetuar o descarte da areia de moldagem, a indústria de fundição deverá informar um laudo técnico para a FATMA - Fundação Estadual de Meio Ambiente de Santa Catarina, órgão estadual de meio ambiente, contendo as características físico-químicas da areia e o processo de produção empregado, para que assim, diante de tais informações, seja realizada a disposição final do resíduo, segundo as orientações contidas na Instrução Normativa IN-04 (SANTA CATARINA, 2014).

Diversas iniciativas de valorização e reaproveitamento da areia de moldagem têm sido relatadas: seja na recuperação e regeneração da areia (OKITA, 2006; BRONDINO; SILVA; BRONDINO, 2014), seja na substituição de resina fenólica por resina furânica no sistema de moldagem e macharia, por cura a frio, com catalisador de base orgânica (CETESB, 2002), seja no reaproveitamento de areia de fundição como agregado em misturas asfálticas densas (COUTINHO NETO, 2004), na fabricação de tijolos de solo-cimento (ANGST; VENDRUSCOLO, 2008), e por fim, em sua utilização no concreto asfáltico convencional (FENGLER, 2016).

Neste trabalho, em virtude de seus objetivos, dar-se-á atenção especial a valorização da areia de moldagem descartada. Isto se dá, porque, no Estado de Santa Catarina, já é possível utilizá-la em misturas asfálticas e artefatos de concreto sem função estrutural, de acordo com as normas legais estabelecidas pela Resolução CONSEMA 011/2008 (SANTA CATARINA, 2008). A FATMA também já se mostrou favorável ao reuso de areia de moldagem para a fabricação de pisos intertravados e o seu uso na rede de esgotamento sanitário, desde que sejam atendidas integralmente as orientações da Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010) e também à Resolução CONSEMA 011/2008.

Deste modo, estudos que busquem a valorização da areia de moldagem ou de seus componentes, especialmente para o universo regional, justificam-se pela iniciativa de se atenuar passivos ambientais decorrentes desta atividade industrial, transformando resíduos em matéria-prima.

## **METODOLOGIA**

A pesquisa apresentou-se como um estudo exploratório das diferentes possibilidades de valorização da areia de moldagem descartada pela indústria de fundição na região estudada, que invariavelmente, tem a disposição final em aterro industrial como solução para os seus resíduos. Neste sentido, buscou-se em diferentes

periódicos e portais de artigos e trabalhos científicos, a realização de um embasamento teórico ou pesquisa bibliográfica (GIL, 1999), através de palavras-chave como: indústria de fundição, areia de moldagem, areia de desmoldagem, areia verde, desmoldagem, resíduos da fundição, impactos ambientais, valorização e reciclagem, para a formação de um cenário mais amplo do estado da arte sobre o tema pesquisado. A coleta de dados foi realizada através dos dados técnicos fornecidos pela empresa cedente da areia de moldagem descartada, por meio do seu Relatório de Sustentabilidade (ALTONA, 2014) e também de ensaios de caracterização físico-química e valorização da areia em laboratórios da FURB, a saber, Laboratório de Ensaios de Química (EQU/FURB), Laboratório de Materiais (ECV/FURB) e Laboratório de Tecnologias de Aproveitamento de Materiais (EPR/FURB).

### **1. Origem e Caracterização da Areia de Desmoldagem Descartada**

A areia de desmoldagem descartada foi coletada na empresa Electro Aço Altona, na desmoldagem da Unidade de Produtos Repetitivos, transportada em sacos plásticos até o Laboratório de Tecnologias de Aproveitamento de Materiais da FURB, e armazenada em tambores plásticos de 200 L até o momento dos ensaios.

Antes dos ensaios de valorização da areia de moldagem descartada, buscou-se efetuar uma caracterização prévia da areia de desmoldagem com o auxílio da NBR 10.004 (ABNT, 2004), que classifica os resíduos de acordo com sua periculosidade. Este procedimento é recomendado porque, dependendo dos materiais envolvidos no processo de fundição, a recuperação e reutilização da areia de moldagem serão dificultadas e o material deverá ser destinado a um aterro industrial. Este ensaio é também parte integrante dos diferentes laudos requeridos pela FATMA – órgão ambiental na esfera estadual, que também exige os resultados de análises químicas do extrato lixiviado e do extrato aquoso, como também, a segregação adequada da areia, que deverá estar presente na política de gerenciamento de seus resíduos, contemplando todas as etapas, “do berço ao túmulo” (SANTA CATARINA, 2014).

Adicionalmente, para fins de valorização desta areia, também são exigidos ensaios de lixiviação e solubilização da areia de fundição foram conduzidos em duplicata, tendo sido realizados no Laboratório de Ensaios Químicos (EQU/FURB), obedecendo-se os procedimentos elencados nas NBR 10.005 (ABNT, 2004) – Lixiviação de Resíduos – Procedimentos, e NBR 10.006 (ABNT, 2004) – Solubilização de Resíduos Sólidos – Métodos de Ensaios. A Figura 1 apresenta o momento da separação das amostras para os testes de lixiviação e solubilização.

**Figura 1. Separação de amostras para os testes de lixiviação e solubilização da areia de moldagem descartada**



Fonte: Dos Autores (2017)

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da revisão da literatura, com o filtro adotado (palavras-chave), foi possível traçar um cenário do que tem sido feito atualmente com a areia de moldagem descartada. Foram incluídos os trabalhos que trouxeram, em conjunto, o maior número de palavras-chave elencadas para a pesquisa, cobrindo o período de 2004-2016, e apenas trabalhos nacionais. Foram excluídos desta relação, os trabalhos que abordaram a regeneração e recuperação da areia de moldagem descartada para fins de reutilização no ciclo produtivo da indústria de fundição, pois fugiam ao escopo da pesquisa. Contudo, deu-se atenção especial a todos aqueles que valorizaram o resíduo descartado, ou seja, fizeram da areia de desmoldagem descartada uma matéria-prima em outras frentes, e tais resultados são apresentados no Quadro 1, com os dados mais relevantes sobre o tema.

**Quadro 1. Cenário da valorização da areia de moldagem descartada pela indústria de fundição.**

Fonte	Forma de Valorização	Considerações
Coutinho Neto (2004)	Mistura asfálticas densas	Agregado em mistura asfáltica. Adição de 15% de areia de moldagem
Biolo (2005)	Blocos cerâmicos de seis furos	Substituto parcial de areia. Adição de 10% de areia de moldagem.
Pereira et al., (2005)	Mistura asfálticas	Agregado em mistura asfáltica. Adição de 10% de areia de moldagem
Toledo (2006)	Cerâmica vermelha	Aproveitamento de 65% de areia de moldagem.
Angst; Vendruscolo (2008)	Tijolos solo-cimento	Relação 50% de areia de moldagem com 10 e 12 % de cimentação.
Klinsky; Fabbri (2009)	Material de base e sub-base de pavimentos flexíveis com baixo volume de tráfego	Mistura composta de 60-70% de areia de moldagem e 30-40% de solo argiloso.
Pablos; Sichieri; Izeli (2009)	Tijolos maciços e peças decorativas	Substituto parcial de areia. Adição de 40-50% de areia de moldagem
Carnin et al., (2010)	Peças de concreto ( <i>pavers</i> )	Substituto do agregado. *
Silva; Silidônio Jr.; Silva (2011)	Artefatos de Concreto	Substituto parcial de areia. Adição de 70% de areia de moldagem
Kruger; Cabral; Souza (2013)	Argamassas	Substituto do agregado miúdo. Adição de 10-100% de areia de moldagem. **
Valadão et al., (2014)	Tijolos ecológicos e argamassas	Substituto do agregado miúdo. Adição de até 60% de areia de moldagem.
Baruffi et al., (2015)	Blocos de concreto para pavimentação	Substituto parcial de areia. Adição de até 16% de areia de moldagem.
Santos (2015)	Blocos intertravados de concreto	Substituto do agregado. Aproveitamento de até 40% de areia de moldagem.
Santos et al., (2016)	Blocos estruturais de concreto	Substituto parcial de areia. Adição de até 15% de areia de moldagem.

\*Embora não apresentem a porcentagem de areia de moldagem reaproveitada, os autores Carnin et al., (2010) esclarecem que, além do atendimento da resistência mecânica, os ensaios de expansão e ciclos de molhagem e secagem demonstraram que a peças produzidas apresentaram durabilidade nos ensaios acelerados, e que, os resultados das análises ambientais e de toxicidade permitiram a obtenção da Certidão Ambiental no 964876/2009 fornecida pela Fundação de Meio Ambiente de Santa Catarina – FATMA autorizando a fabricação deste artefato.

\*\*Os autores Kruger; Cabral; Souza (2013) mencionam que, mesmo uma argamassa com 100% de areia de desmoldagem descartada, apresenta resistência suficiente para diversas aplicabilidades.

A partir do Quadro 1, é possível observar que, a areia de moldagem descartada tem sido valorizada na construção civil (incorporação em pisos de concreto, em sub-bases e bases de pavimentos flexíveis, em argamassa, em blocos cerâmicos), em sua maioria, contudo, em todas as fontes consultadas, a variável ambiental teve peso na decisão e/ou escolha pela forma de sua valorização. Oliveira (2007) explica que isso se dá pelo fato de areia de moldagem descartada conter constituintes orgânicos ou inorgânicos, tais como fenol, silicato de sódio e a presença de metais pesados, originários da etapa de vazamento. O cenário ainda se modifica quando, de acordo com Adegas (2007), ligantes sintéticos são acrescentados à essa areia de fundição,



alterando as suas características mecânicas. De acordo com Relatório Santa Catarina em Dados, preparado pela FIESC – Federação das Indústrias do Estado de Santa Catarina, ao apresentar os dados de Metalurgia Básica e Produtos de Metal, aponta a Electro Aço Altona S.A., localizada na cidade de Blumenau, como a mais representativa do segmento na região e uma das mais importantes do Estado, cujos principais produtos são peças de aço (automotivo, máquinas e equipamentos para construção e mineração, transporte pesado, geração de energia, entre outros). Em 2014, seu volume de produção foi de 12,5 mil toneladas, atingindo um faturamento bruto de R\$ 197,9 milhões.

Conforme dados da ABIFA (Associação Brasileira de Fundição), a empresa representa 12,9% das exportações brasileiras de aço em toneladas e 18,4% em dólares. Em seu relatório de sustentabilidade (ALTONA, 2014), é possível verificar que a empresa prioriza ações de sustentabilidade ambiental, como a recuperação da areia de moldagem descartada, com aproveitamento de bem mais de 80% na utilização em misturas de fabricação de novos moldes, ao invés de destinar a um aterro industrial. Estratégias e ações desta natureza, justificam a escolha da mesma como objeto de estudo e aquisição da areia de moldagem descartada para fins de valorização. Do referido relatório de sustentabilidade, informa-se que, no ano de 2013, o volume total de resíduos gerado foi de aproximadamente 15,8 mil toneladas, sendo que, 10,6 mil toneladas desses resíduos são areia de desmoldagem descartada e destinada ao aterro industrial. A Tabela 1 apresenta, dentre outros resíduos significativos gerados no processo, também sucatas metálicas de outras atividades industriais, que são reaproveitadas na forma de matéria-prima para a produção das peças.

**Tabela 1 – Destinação dos resíduos de fundição da Electro Aço Altona (ano base 2013)**

<b>Resíduo</b>	<b>Volume (Mil t.ano<sup>-1</sup>)</b>	<b>Destino final</b>
Areia de Fundição	10,6	Aterro Industrial
Escória de Fundição	2,07	Aterro Industrial
Pó de ferro	1,16	Reciclagem
Resíduo de Jateamento	1,12	Aterro Industrial
Madeira	0,2	Aterro Industrial/Reciclagem
Entulho	0,16	Aterro Industrial
Lodo de Exaustão	0,018	Aterro Industrial
Metais	0,012	Reciclagem
Lodo de ETA	0,002	Aterro Industrial
<b>TOTAL</b>	<b>15,342</b>	

Fonte: Altona (2014).

Durante a revisão da literatura, verificou-se que, o processo de fabricação de peças fundidas utiliza grande quantidade de areia na confecção dos moldes e machos. O índice de consumo de areia, dependendo do tipo de peça, variava de 800 a 1.000 kg para cada peça de 1.000 kg (CETESB, 2002). Essa areia, normalmente, é extraída de jazidas de cava ou rios, sendo considerada um bem não renovável, cujo beneficiamento geralmente causa impactos ambientais. No preparo dos moldes, a areia é misturada com um ligante que pode ser bentonita e outros aditivos para o preparo da areia verde, utilizada na produção de peças de menor peso e tamanho. Já para as peças maiores, Santos e De Lucca (2011), acrescentam que geralmente são utilizados moldes e machos, constituídos por areia misturada com resina e catalisador, que conferirão maior resistência às peças. A areia de moldagem misturada com a resina dificulta a sua recuperação e reutilização, gerando assim, um grande volume a ser descartado em aterros industriais, e consequentemente, onerando ainda mais o custo de produção.

As referências pesquisadas apontam que a regeneração da areia e/ou processos de recuperação das mesmas serão inevitáveis no futuro, pois os custos de deposição do material descartável aumentam continuamente e as determinações legais são cada vez mais restritivas (SCHEUNEMMAN, 2005). Contudo, apesar de seus constituintes, a areia de moldagem utilizada na presente pesquisa, apresentou caracterização que a classifica como “resíduo não perigoso e não inerte”, ou seja, Classe IIA, conforme a norma NBR 10004 (ABNT, 2004), apresentou também concentrações de poluentes no extrato lixiviado, obtido conforme a norma NBR 10005 (ABNT, 2004), menores ou iguais às concentrações máximas constantes na Tabela: “Concentração Máxima de Poluentes no Lixiviado”, assim também, como as concentrações de poluentes do extrato solubilizado, obtido conforme a norma NBR 10006 (ABNT, 2004), menores ou iguais às concentrações máximas constantes na Tabela: “Concentração Máxima de Poluentes no Solubilizado”. Diante dos resultados encontrados na

caracterização da areia de moldagem descartada, a próxima etapa do estudo envolverá a valorização do resíduo em artefatos de concreto, uma vez que, a aplicação da areia na construção civil é bastante difundida.

## CONCLUSÕES

Verificou-se, ao longo do estudo, a importância da valorização da areia de desmoldagem descartada, seja em sua regeneração e retorno ao ciclo produtivo (ciclo fechado) ou sua utilização na indústria da construção civil (ciclo aberto). Embora a regeneração da areia seja uma realidade na indústria, contemplando o retorno de cerca de 90% desta, o remanescente ainda é preocupante, uma vez que, nem sempre são descartados de modo ambientalmente saudável. Assim, estudos práticos, especialmente para o universo regional, ganham destaque e justificam-se pela iniciativa de se atenuar passivos ambientais decorrentes de tal atividade industrial, transformando resíduos em matéria-prima. Esta valorização não se restringe apenas à sua utilização em misturas asfálticas e/ou artefatos de concreto sem função estrutural, mas se amplia, quando impurezas e outros constituintes são separados da areia de moldagem e valorizados em outros processos industriais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABIFA - Associação Brasileira de Fundição. Guia ABIFA de Fundição 2014. Disponível em: <<http://abifa.org.br/wp-content/uploads/2014/09/ABIFA-169-anuario-junho.pdf>>. Acesso em: 20 Abr 2016.
2. \_\_\_\_\_. Anuário ABIFA 2015: guia ABIFA de Fundição. Disponível em: <<http://abifa.org.br/wp-content/uploads/2015/08/Anu%C3%A1rio-ABIFA-Junho-2015.pdf>>. Acesso em: 20 Abr 2016.
3. \_\_\_\_\_. Índices Setoriais: Desempenho Março 2017. Disponível em: <<http://www.abifa.org.br/wp-content/uploads/2017/05/Desempenho-Marco.pdf>>. Acesso em: 05 Mai 2017.
4. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10.004, de 31 de maio de 2004. Resíduos sólidos - Classificação. Rio de Janeiro, 71 p., 2004.
5. \_\_\_\_\_. NBR 10.005, de 31 de maio de 2004. Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 20 p., 2004.
6. \_\_\_\_\_. NBR 10.006, de 31 de maio de 2004. Procedimento para Obtenção de Extrato Solubilizado de Resíduos Sólidos. Rio de Janeiro, 7 p., 2004.
7. ADEGA, R. G. Perfil ambiental dos processos de fundição ferrosa que utilizam areias. 2007. 120 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Porto Alegre, 2007.
8. ANGST, M.; VENDRUSCOLO, M. A. Aproveitamento da areia de fundição na produção de tijolos. In: Anais...II Encontro de Sustentabilidade em Projeto do Vale do Itajaí, 9 a 11 de abril de 2008. Disponível em: <<http://ensur2008.paginas.ufsc.br/files/2015/09/Aproveitamento-da-areia-de-fund%C3%A7%C3%A3o.pdf>>. Acesso em: 12 Abr 2017.
9. ARMANGE, L. C et. al. Utilização de areia de fundição residual para uso em argamassa. Revista Matéria, v. 10, n. 1, pp. 51-62, Março de 2005. Disponível em: <<http://www.materia.coppe.ufrj.br/sarra/artigos/artigo10631/>>. Acesso em 12 Abr 2017.
10. BARUFFI, A. et al. Uso da areia de fundição como substituto parcial da areia natural em blocos de concreto para pavimentação. In: Anais...IV Seminário Nacional de Construções Sustentáveis. Passo Fundo, RS, Brasil, 4 a 5 de Novembro de 2015. Disponível em: <<https://goo.gl/sDIUAD>> . Acesso em 12 Abr 2017.
11. BIOLO, S. M. Reuso do resíduo de fundição areia verde na produção de blocos cerâmicos. 2005. 162f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais-Escola de Engenharia – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2005.
12. BORGES, S. G. Síntese e caracterização de resinas fenólicas líquidas do tipo novolaca aplicáveis no processo de pultrusão. 2004. 129f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais-Escola de Engenharia – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2004.
13. BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Publicação Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 189o da Independência e 122o da República, 2 de agosto de 2010.

- Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm)>. Acesso em: 20 Abr 2015.
14. BRONDINO, O. C.; SILVA, J. P. G.; BRONDINO, N. C. M. O problema do descarte da areia de fundição: ensino para o desenvolvimento sustentável. Disponível em: <<http://198.136.59.239/~abengeorg/cobenge-2014/Artigos/129851.pdf>>. Acesso em: 16 set. 2015.
  15. CASSOTI, B. P.; DEL BEL FILHO, E.; CASTRO, P. C. Indústria de Fundição: situação atual e perspectivas. Metalurgia: BNDES Setorial 33, pp. 121-162. 2012. Disponível em: <<https://goo.gl/39dP4O>>. Acesso em: 08 set. 2015.
  16. CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Produção Mais Limpa: Casos de Sucesso. Redução do Descarte de Areia de Fundição e do Consumo de Areia Nova na Indústria de Fundição. 2002. Disponível em: <<http://consumosustentavel.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/39/2015/01/caso01.pdf>>. Acesso em: 20 Set 2016.
  17. COUTINHO NETO, B. Avaliação do reaproveitamento de areia de fundição como agregado em misturas asfálticas. 2014. 293 f. Tese (Doutor em Engenharia de Transportes). Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18137/tde-10022011-101639/publico/BeneditoCoutinho.pdf>>. Acesso em: 20 Set 2016.
  18. ELECTRO AÇO ALTONA. Relatório de Sustentabilidade ALTONA 2014 Disponível em: <<http://www2.altona.com.br/web/relatorio-de-sustentabilidade/2014>>. Acesso em: 03 set. 2015.
  19. FAGUNDES, A. B. et al. Caminhos para a Sustentabilidade do Setor de Fundição no Brasil. Revista GEPROS, n. 2, p. 27, 2012.
  20. FENGLER, R. Z et al. Avaliação laboratorial da utilização de areias de fundição no concreto asfáltico convencional. In: Anais... II Prêmio ENEC - Encontro Nacional dos Estudantes de Engenharia Civil, 1º de outubro de 2015, Gramado, Rio Grande do Sul. Disponível em: <<http://enec.fenec.com.br/wp-content/uploads/2015/01/II-Pr%C3%AAmio-ENEC-Selecionados.pdf>>. Acesso em: 15 Mar 2017.
  21. GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.
  22. KLINSKI, L. M. G.; FABBRI, G. T. P. Reaproveitamento da areia de fundição como material de base e sub-base de pavimentos flexíveis. TRANSPORTES, v. XVII, n. 2, p. 36-45, dezembro 2009. Disponível em: <<https://www.revistatransportes.org.br/anpet/article/viewFile/358/319>>. Acesso em: 12 Nov 2016.
  23. KRUGER, P.; CABRAL, L. A.; SOUZA, V. F. C. Confecção de argamassa utilizando areia residual do processo de fundição. In: Anais...VIII Encontro de Engenharia e Tecnologia dos Campos Gerais. Ponta Grossa, PR, Brasil, 27 a 30 de agosto de 2015. Disponível em: <[http://www.aeapg.org.br/8eetcg/anais/60128\\_vf1.pdf](http://www.aeapg.org.br/8eetcg/anais/60128_vf1.pdf)>. Acesso em: 24 Set 2016.
  24. LUZ, A. A.; MOCELIM, C.; DELFINO, V. M. Gerenciamento de resíduos: um estudo da areia verde em uma empresa de fundição dos Campos Gerais. In: Anais...V Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção. Ponta Grossa, PR, Brasil, 02 a 04 de dezembro de 2015. Disponível em: <<https://goo.gl/zxAAls>>. Acesso em: 24 Set 2016.
  25. MELLO, O. J.; PINHEIRO, I. G. Caracterização dos resíduos de areia verde de fundição. Revista de Estudos Ambientais, Blumenau, v. 6, n. 2 e 3, p. 61-75, 2004.
  26. MOREIRA, M. T. P. O. T. Contaminação ambiental associada às areias residuais de fundição. 2004. 235 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Universidade do Porto - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2004.
  27. OLIVEIRA, B. F. Fundição. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – Campus Belém; Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Técnico Industrial de Santa Maria. Rede e-Tec Brasil, 2013. Disponível em: <[http://estudio01.proj.ufsm.br/cadernos/ifpa/tecnico\\_metalurgica/fundicao.pdf](http://estudio01.proj.ufsm.br/cadernos/ifpa/tecnico_metalurgica/fundicao.pdf)>. Acesso em 14 Dez 2016.
  28. OKITA, J. R. Estudo para minimização e reaproveitamento de resíduos sólidos de fundição. 2006. 137 f. Dissertação (Mestre em Engenharia de Produção). Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, UTFPR, Ponta Grossa, 2006. Disponível em: <<http://www.pg.utfpr.edu.br/dirppg/ppgep/dissertacoes/arquivos/44/Dissertacao.pdf>>. Acesso em: 14 Dez 2016.
  29. PABLOS, J. M.; SICHIERI, E. P.; IZELI, R. L. Reutilização de resíduo sólido industrial, constituído por areias de fundição, na fabricação de tijolos maciços e peças decorativas. Revista de Pesquisa em Arquitetura e Urbanismo. Programa de Pós-graduação do Departamento de Arquitetura e Urbanismo. EESC-USP. 2009. pp. 112-125. Disponível: << [http://www.iau.usp.br/revista\\_risco/Risco10-pdf/02\\_art10\\_risco10.pdf](http://www.iau.usp.br/revista_risco/Risco10-pdf/02_art10_risco10.pdf)>>. Acesso em: 16 Dez 2016.

30. PABLOS, J. M. et. al. Estudo para a reutilização do resíduo sólido industriais, gerados pelos descartes de areias de fundição aglomeradas com argila e pelas escórias de alto forno na composição de concreto. In: Anais... Seminário sobre Resíduos Sólidos na Construção Civil, 2. ed. 2011, Maceió.
31. PENKAITIS, G. Impacto ambiental gerado pela disposição de areias de fundição: Estudo de caso. 2012. 92 f. Dissertação (Mestre em Ciência Ambiental) - Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental (PROCAM), Universidade de São Paulo, São Paulo.2012.
32. PEREIRA, R. L. et. al. Reaproveitamento do resíduo de areia verde de fundição como agregado em misturas asfálticas. In: Anais... XII CONAF – Congresso de Fundição, 27-30 de Setembro, São Paulo, 2005. Disponível em: << [http://solucoesadf.com.br/img\\_paginas/artigo\\_raquel\\_conaf.pdf](http://solucoesadf.com.br/img_paginas/artigo_raquel_conaf.pdf)> Acesso em: 15 Mar 2017.
33. PINTO, F. P. O uso da areia descartada de fundição (ADF) na produção de concreto. 2013. 84 f. Dissertação (Mestre em Engenharia de Materiais) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Materiais. Mestrado Profissional da Universidade Federal de Itajubá, Itajubá.2013.
34. PIOVESAN, A. Z. et. al. Utilização da areia de fundição para fabricação de blocos de concreto para pavimentação. In: Anais... XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 7-10 de outubro, Fortaleza, 2008. Disponível em:<<http://www.infohab.org.br/entac2014/2008/artigos/A1476.pdf>>. Acesso em: 15 Mar 2017.
35. SANTA CATARINA. FATMA - Fundação do Meio Ambiente. Instrução Normativa IN-04. Abril 2014. Florianópolis: FATMA, 2014. Disponível em: <[http://www.sideropolis.sc.gov.br/uploads/273/arquivos/654742\\_in\\_04\\_Atividades\\_Industriais.pdf](http://www.sideropolis.sc.gov.br/uploads/273/arquivos/654742_in_04_Atividades_Industriais.pdf)>. Acesso em 05 Mai 2017.
36. \_\_\_\_\_. Resolução CONSEMA 011/08. Critérios para a utilização de ADF de materiais ferrosos na produção de concreto asfáltico e artefatos de concreto não estrutural. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável. Conselho Estadual do Meio Ambiente – CONSEMA. Estado de Santa Catarina, 2008, 14p.
37. SANTOS, C. C. Avaliação das propriedades técnicas de blocos intertravados de concreto produzidos com resíduos de fundição. Centro Universitário Católica de Santa Catarina. Setor de Pesquisa. Curso de Engenharia Civil. Joinville, 2015. Disponível em: <<https://goo.gl/Dy4Xac>>. Acesso em: 24 Abr 2016.
38. SANTOS, A. V. et al. Reaproveitamento de areia de fundição descartada em substituição da areia natural na fabricação de blocos estruturais de concreto. In: Anais...VII International Symposium on Technological Innovation. Aracaju, SE, Brasil, 21 a 23 de setembro de 2016. Disponível em: < <http://www.api.org.br/conferences/index.php/ISTI2016/ISTI2016/paper/viewFile/46/64> >. Acesso em: 24 Abr 2016.
39. SCHEUNEMANN, R. Regeneração de Areia de Fundição Através de Tratamento Químico via Processo Fenton. 2005. 85 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal de Santa Catarina.
40. SIFUMG – Sindicato da Indústria de Fundição no Estado de Minas Gerais. Diagnóstico da indústria da fundição no Estado de Minas Gerais. — Belo Horizonte: IEL-MG / SIFUMG, 2003. Disponível em: <<http://www.fiemg.org.br/admin/BibliotecaDeArquivos/Image.aspx?ImgId=25015&TabId=11922&portalid=238&mid=27750>>. Acesso em: 05 Nov 2016.
41. \_\_\_\_\_. Guia de boas práticas do setor de fundição. Belo Horizonte: IEL-MG / SIFUMG, 2011. Disponível em: <http://www.sifumg.com.br/wp-content/uploads/2016/02/cartilha-de-fundicao.pdf>>. Acesso em: 05 Nov 2016.
42. SILVA, C. E.; SILIDÔNIO JÚNIOR, L. C.; SILVA, R. E. B. Aspectos qualitativos da fabricação de blocos de concreto utilizando resíduos de areia de fundição. In: Anais... XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 04-07 de outubro de 2011. Belo Horizonte, Minas Gerais. Disponível em: << [http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2011\\_tn\\_sto\\_135\\_855\\_17610.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2011_tn_sto_135_855_17610.pdf)>>. Acesso em: 27 Jun 2016.
43. SOARES, G. A. Fundição: mercado, processos e metalurgia. Ed. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2000. Disponível em: <<https://goo.gl/qyN7Gt>>. Acesso em: 27 Jun 2016.
44. SOUZA, V. F.; DREHER, M. T.; AMAL, M. A influência da responsabilidade sócio-ambiental no processo de internacionalização: o caso da Electro Aço Altona. Revista de Ciências da Administração, Florianópolis, p. 103-126, jan. 2007. ISSN 2175-8077. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/adm/article/view/1441>>. Acesso em: 15 maio 2017.
45. STOLF, B. F. P.; LIBARDI, R. Projeto de processo para recuperação de areia fenólica utilizada na fabricação de machos e moldes na indústria de fundição e para fabricação de blocos e bloquetes. In: Anais...V Mostra Acadêmica UNIMEP, 23-25 de outubro de 2007. Universidade Metodista de Piracicaba.



- Disponível em:<<http://www.unimep.br/phpg/mostraacademica/anais/5mostra/4/124.pdf>>. Acesso em: 27 Jun 2016.
46. TOLEDO, E. B. S. Método de utilização de areia de fundição e resíduos de poeira de jateamento (microesferas de vidro) para produzir cerâmica vermelha. 2006. 110 f. Dissertação (Mestre em Engenharia e Ciência dos Materiais) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência dos Materiais, Universidade Federal do Paraná, Paraná.2006.
47. TUPY. Areias de fundição. Disponível em: <<http://www.tupy.com.br/portugues/meioamb/areias.php>>. Acesso em: 27 Jun 2016.
48. VALADÃO, I. C. R. P. et al. Reciclagem de areia de fundição na confecção de tijolos ecológicos e argamassas. In: Anais...II Simpósio de Pesquisa e de Práticas Pedagógicas, 28 a 31 de janeiro de 2014. Centro Universitário Geraldo di Biasi. Disponível em:< <https://goo.gl/FTx4zS>>. Acesso em: 27 Jun 2016.